

学校编码: 10384
学 号: X2008223014

分类号_____密级_____
UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 PLC 控制的机电综合实训系统的
设计与实现

Design and Implementation of Electromechanical
Comprehensive Practicing System Based on PLC Control

李小兰

指导教师姓名: 陈伟 副教授
专 业 名 称: 控 制 工 程
论文提交日期: 2011 年 月
论文答辩时间: 2011 年 月
学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____
评 阅 人: _____

2011 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

现代高等职业教育特点是培养高技能型的人才。这就必须要加强对动手实践能力的培养,才能适应时代和社会对高职学生实践能力和创新能力的要求。尤其对机电类专业,社会需要的是既有理论知识,又有实践能力的务实性综合型人才。本文针对高职机电类学生走上工作岗位之前开展的机电一体化综合实训所要求的内容和技能,设计了一套适合高职学生特点的机电综合实训设备。整个实训系统包含了电路电子技术、微机技术、自动控制技术、传感器技术、机械设计、液压与气压传动等知识点,可让学生做这些知识点的单一的实训,也可构成整体进行综合实训。本实训系统主要设计了基于FX-2N系列的PLC控制的机电综合实训教学平台。本系统控制部分在设计时部分模拟了电镀过程的工艺流程,整个系统可主要分为两大部分:一是平台的设计和镀锌槽的温度控制,二是机械手的设计和控制。整个平台装配到可移动的实训车上,方便学生在实训时进行团队合作和平时的归纳。镀锌槽的温度控制采用数字显示,传感器把温度信号转换为电信号,经过放大后送至A/D转换,模拟量就变为数字量。温度的调节采用了位式调节方式,这种调节方式简单、经济、使用方便,学生实训时也较容易理解。机械手部分的主要工作是工件从工作台送到电镀槽进行电镀,最后再送回工作台。本设计采用了4个气缸,伸缩气缸、升降气缸、回转气缸以及夹紧气缸来控制手臂的移动,所有气缸均采用气压传动方式驱动。本文将首先介绍整个实训平台的结构及能实现的实训项目,接着重点介绍镀锌槽的温度控制原理和软硬件的设计,最后重点介绍机械手的设计与实现。

关键词:综合实训; 镀锌平台; PLC控制

Abstract

The characteristics of contemporary higher vocation education is to talents with high skills, which makes it essential to do the research on how to improve the ability of practical skills for students. Only in this way can vocation students adjust to the ability requirements of practical and innovative skills. This is especially true for electromechanical majors, because society need result-oriented and synthesizing type of talents who can combine the theoretical knowledge with practical skills.

This thesis designs a set of device about comprehensive practice on electromechanical technology, aiming at higher vocation electromechanical majors before they enter society to work. The whole practicing system involves the knowledge points of circuit and electronic technique, PC technique, automatic control technology, sensor technology, mechanical design technology and hydraulic and pneumatic transmission. The device can be used to do single practice aiming at one knowledge point, or do comprehensive practice. This practicing system designs a teaching and studying platform for comprehensive practice on electromechanical technology, which is based on FX2N series of PLC. The control section of this system partly simulates the electroplating process flows. The system can be mainly divided into two parts: One is the design of the platform and temperature control of zinc-plating tank, and the other is the design and control of the mechanical arm. The system is assembled on a movable vehicle, which makes it more convenient for students to do the team work and put everything in order after that. Temperature control of zinc-plating tank adopts digital display. In this process, the sensor changers the temperature signal into electrical signal, which is amplified and then transmitted to A/D changer, hence analog quantity converted to digital quantity. Temperature regulation adopts ON-OFF adjusting means, which is simple, economical and easy to use, and is easier for students to understand in practice. The main role of the mechanical arm is to carry work pieces from the workbench to the plating tank to plate, and carry them back to the workbench after the plating finished. The device uses four cylinders: expand and contract cylinder, go up and sown cylinder, revolving cylinder and

clamping and loosening cylinder. All the cylinders are driven in the form of pneumatic transmission.

This thesis first introduces the structure of the platform and the experimental projects it can implement. And then goes at length to introduce realization of temperature control on the zinc-plating tank, and software and hardware designs. In the last part, it introduces the design and implementation of the mechanical arm.

Key Words: Comprehensive Practice; Zinc-plating Platform; PLC Control

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 课题研究的依据和意义	1
1.2 机电综合实训系统发展现状	3
1.3 本文研究的主要目标和内容	4
1.3.1 目标	4
1.3.2 内容	4
1.4 PLC 简介	5
1.4.1 PLC 的工作原理	5
1.4.2 FX2N 系列 PLC 的特点	6
1.5 本文的结构安排	7
第二章 系统结构和功能分析	8
2.1 系统的整体设计及组成	8
2.1.1 整体设计	8
2.1.2 系统的特点	10
2.1.3 系统的技术指标	10
2.2 系统主要元件功能分析	11
2.2.1 被控对象	11
2.2.2 检测装置	12
2.2.3 执行机构	18
第三章 机械手本体设计	19
3.1 手部机构设计	19
3.1.1 夹持式手部结构	19
3.1.2 手部夹紧气缸设计	20
3.2 气缸尺寸设计	21
3.2.1 伸缩气缸尺寸设计与校准	21
3.2.2 升降气缸的设计与校核	22
3.2.3 回转气缸的尺寸设计与校核	23
3.3 机械手的驱动方案设计	23
第四章 系统主要实训项目及原理	25
4.1 传感器应用技术实训	25
4.1.1 镀锌槽温度二位式控制实验	25
4.1.2 液位传感器实验	26
4.2 气动应用技术实训	26

4.3 PLC 编程实训	27
4.4 电气电路实训	28
4.5 系统的安装与调试实训	28
4.6 系统维护和故障检测实训	28
第五章 系统平台的 PLC 控制	29
5.1 工艺流程及平台工作过程	29
5.1.1 电镀工艺流程	29
5.1.2 实训平台工作过程	29
5.2 系统控制要求	30
5.2.1 镀锌槽的温度控制要求	30
5.2.2 机械手的控制要求	31
5.3 镀锌槽温度的 PLC 控制	32
5.3.1 温度控制系统的 I/O 分配表	32
5.3.2 I/O 接线图	32
5.3.3 控制柜面板设计及电气图	33
5.3.4 控制程序流程图	34
5.3.5 控制程序梯形图	34
5.4 机械手的 PLC 控制	35
5.4.1 机械手的 I/O 分配表	35
5.4.2 I/O 电气接线图	36
5.4.3 程序设计	37
第六章 结论与展望	42
参 考 文 献	45
致 谢	47

CONTENTS

Chapter One Introduction	1
1.1 Background and Significance of the Project.....	1
1.2 Current State of Comprehensive Practice on Electromechanical Technology	3
1.3 Target and Content of This Thesis	4
1.3.1 Target.....	4
1.3.2 Content	4
1.4 PLC Introduction.....	5
1.4.1 Operating Principle of PLC	5
1.4.2 PLC Characteristics of FX2N Series	6
1.5 Structure of This Thesis.....	7
Chapter two Structure and Function Analysis of the System.....	8
2.1 General Design and Composition of the System	8
2.1.1 General Design.....	8
2.1.2 Features of the System.....	10
2.1.3 Technical Specifications of the System	10
2.2 Main Function Analysis of the System.....	11
2.2.1 Controlled Objects.....	11
2.2.2 Detection Apparatus	12
2.2.3 Actuating Mechanism.....	18
Chapter Three Body Design of the Mechanical Arm.....	19
3.1 Design of the Hand Structure.....	19
3.1.1 Structure of the Clamping and Loosening Hand	19
3.1.2 Design of the Clamping and Loosening Cylinder	20
3.2 Design of the Cylinder Size	21
3.2.1 Design and Calibration of the Expand and Contract Cylinder	21
3.2.2 Design and Calibration of the Go Up and Down Cylinder.....	22
3.2.3 Design and Calibration of the Revolving Cylinder	23
3.3 Design of the Mechanical Arm Driving System	23

Chapter Four Main Practice Items of the System and Their Theories

..... 25

4.1 Sensor Applied Technology Practice 25

4.1.1 Two-position Control Experiment on Zinc-plating Tank Temperature 25

4.1.2 Experiment on Liquid Level Sensor 26

4.2 Pneumatic Applied Technology Practice..... 26

4.3 PLC Programming Practice..... 27

4.4 Electric Circuit Practice..... 28

4.5 The System's Installation and Adjustment Practice 28

4.6 The System's Maintenance and Trouble Checkout Practice..... 28

Chapter Five PLC Control of the System Platform 29

5.1 Process Flow and Platform Course of Work 29

5.1.1 Plating Process Flow 29

5.1.2 Platform Course of Work..... 29

5.2 Control Request of the System 30

5.2.1 Temperature Control Request of the Zinc-plating Tank 30

5.2.2 Control Request of the Mechanical Arm..... 31

5.3 PLC Control of the Zinc-plating Tank Temperature 32

5.3.1 I/O Distribution of the Temperature Control System 32

5.3.2 I/O Connection Diagram..... 32

5.3.3 Panel Design of the Control Cabinet and Electrical Diagram 33

5.3.4 Flow Diagram of the Control Program 34

5.3.5 Ladder Diagram of the Control Program 34

5.4 PLC Control of the Mechanical Arm..... 35

5.4.1 I/O Distribution of the Mechanical Arm 35

5.4.2 I/O Electrical Connection Diagram..... 36

5.4.3 Program Design..... 37

Chapter Six Conclusion and Outlook 42

Bibliography..... 45

Acknowledgements 47

厦门大学博士论文摘要库

第一章 绪 论

1.1 课题研究的依据和意义

随着科学技术的不断发展,高等职业教育的教学手段和教学方法也发生着根本的变化,高职教育的特点要求教师和学生的动手能力要很高。要培养符合高等职业教育特点的高技能型人才就必须加强对学生动手实践能力的培养,才能适应时代对实践能力和创新能力的要求。尤其对机电类专业,社会需要的是既有理论知识,又有实践能力的务实性综合型人才。为此,高职院校在机电类学生走上工作岗位前开展机电一体化综合实训,即综合应用机械、电气、信息技术等多方面知识,面向现代制造业信息化、智能化应用的需要,培养学生能为机电一体化装备制造和生产流水线应用企业服务;能从事机电一体化装备的设计、制造、安装、调试和技术支持工作;能从事生产流水线的运行操作、维护和维修工作。通过实训,强化学生的动手能力,为学生走上实际工作岗位打下良好的基础。

由于机电一体化综合实训设备价格昂贵,目前,大部分高等职业院校尤其民办院校机电类实验实训条件非常有限,很多实训都是针对单一技术的验证,缺乏有特色的,符合高职学生特点的综合性实训教学平台,教学设备落后于工业现场,很少有较全面反应真实自动生产线水平的综合模拟教学系统,使学生对机电一体化专业知识的应用缺乏感性认识,难于掌握解决综合问题的能力,这样培养出来的学生相对动手能力和创新性思维都比较薄弱。然而,动手能力和创新能力恰恰是企业对高职院校学生的期望能力,因此高职院校的实训教学的改革迫在眉睫。在实际生产中,几乎没有单一的一样知识或技能就能解决生产过程中出现的问题,往往是需要将这些复杂的技术综合运用在一起才能解决实际问题。因此这就要求高职院校应该创造一个与工业生产现场相适应的环境,让学生在相对比较真实的环境下得到锻炼,搭建起学生从学习跨入企业的桥梁。目前市场上虽然有很多的相关机电一体化实训设备,它们有完整的教学培训体系,具有广泛的适用性。但这些综合实验装置过度集成化、封闭化,不利于学生动手实践能力的培养。大部分设备都将所有仪器仪表,单元线路统统集中在一个台子上,学生只能

看到实验装置的屏面，按屏面的示意图，在各部件引出的插孔中，用带连接线的插头，根据实验指导书，按步骤插接，记录有关数据，即可完成实验。学生看不到实物，又不能真实的接线，提高不了认知能力和真正的实践操作能力^[1]。并且很关键的是这些设备的完善的功能和实验，并不完全符合高职院校机电一体化专业学生的培养，因此如果直接购买这些实训设备对资金相对缺乏的高职院校来说就显得有点浪费。所以开发符合高职院校用于教学用的机电一体化综合实训装置，有着很大的必要性和重要性：

1、降低成本：由于机电一体化综合实训设备价格昂贵，对于资金不足的高职院校，要成批购买满足教学要求，往往难于承受。但是如果教师能够自主设计和实现模拟工业现场的综合实训设备，就可大大减少成本，又能够满足教学要求。

2、教学改革：现代制造业对机电人才的紧缺及高要求，促使高职院校加快了对机电专业的人才培养模式改革。机电一体化自主开发机电一体化综合实训设备不仅节约成本，也是机电专业积极探索教学改革的一条重要途径。机电专业教师通过此实验项目的研发，既提高自己的业务水平，同时积累研发经验为将来的校企进一步合作打下坚实的基础。

3、提高学生素质：此实验项目包含了机电一体化专业大部分课程的相关知识：电工电子技术、A/D 转换技术、传感器技术、可编程控制器，单片机、机械设计基础、液压与气压传动等，学生通过对这些实训项目的学习，不仅加深理解单一的课程知识，还可以把单一的知识联系起来，综合应用，形成整体的认识。把所学的理论运用于实践，而实践又反过来加深对抽象的理论知识的理解。此综合实训系统具有很强的实践性，不仅能够提高学生的专业综合素质，同时加强了学生动手能力的培养，适应时代对实践能力和创新能力的要求。

4、提高科研能力：高职院校的教师科研能力弱，关键就在于高职院校的教师教学工作量大，教师平时把精力都投入到日常的教学工作，很少有时间去做科研项目。没有科研基础和经验，是高职院校很难拿到省市级科研项目的主要瓶颈。所以自主开发机电一体化综合实训设备可以为将来的科研积累经验，提高高职教师的科研能力水平。

1.2 机电综合实训系统发展现状

20 世纪 80 年代高等学校开展国际教育和学术交流日益频繁, 高校的教师从多种渠道可以了解学习到现代科学技术和近代理论知识, 在教育体制改革的总体部署下, 高等职业院校积极进行教学改革的各种试验, 精简和更新教学内容。这就要求各校要进一步增加或更新仪器设备, 以满足实验、实训教学的需要^[2]。在 market 需求的推动下, 一体化的综合实训设备孕育而生。尤其到了 21 世纪, 现代制造业对机电人才的高要求和高期望使得各院校对机电专业的改革需求更加迫切。从而也促进了机电一体化综合实训系统的开发和研制发展。目前, 国内外比较成熟的机电一体化实训装置生产厂商和产品有:

1、德国 Festo 公司的 PCS 系统

Festo 公司发展至今已有 30 多年的历史, 公司的目标就是在工业自动化领域内建立一个新型的完整的教学培训体系。他们的培训系统包含了培训课题、培训内容、实验装置等, 同时配以大量的教学和学习软件、录像制品及其它学习资料, 可以使学生在最大程度上完整掌握所学的知识技能。比如它的过程控制培训系统实验设备以及模块化的结构详细地模拟了实际工业生产和加工的过程, 系统采用了透明设计, 使每个控制环节的内部情况变得很清晰, 有利于学生在实验时进行观察。该系统有以下一些功能: 可以进行温度、液位、压力和流量的简单控制实验; 扩展对闭环控制的连续测量范围; 模拟整套闭环控制环节; 可对系统进行安装、运行、优化和维护; 采用 PROFIBUS 总线, 实现总线控制系统; 运用调节监控软件对系统进行控制。

2、浙江天煌教仪研制的 THJDMT-1 型机电一体化综合实训考核装置

浙江天煌科技实业有限公司是成立于 1993 年的民营企业, 其主导产品是高校电类专业使用的多种系列的综合实验装置。十几年来伴随着我国高等教育事业的发展, 天煌教仪快速成长、发展, 有较多的高校用户。THJDMT-1 型机电一体化综合实训考核装置是专为技工类院校即职业院校培训及考核要求而研制的, 适合机电一体化、电气自动化等相关专业的实训教学和培训。该装置采用模块化结构设计, 由环形输送分拣单元、机器人搬运单元、恒速加工单元、切削加工单元、装配单元及仓库存取单元六部分组成, 集光、机、电、气为一体, 完成工件上料、搬运、加工、装配、入库等功能。体现机械技工安装与系统调试、电气接线、软

件编程、调试检修等专业技能的教学实训。

3、上海标普科技 BPJL-813 机电一体化综合实训平台

上海标普实验室设备有限公司（原上海标普教学仪器设备厂股份改制）是一家规模完备为教育装备服务的综合性配套企业，其产品遍布全国三十个省、市、自治区。它的 BPJL-813 型机电一体化综合实训平台综合了气压传动、步进电机、直流电机、伺服电机、可编程控制器、传感器等多种控制技术，主要有自动推料模块、传送带模块、三轴联动高精度定位平台、料仓单元等几部分构成，是典型的机电一体化综合实训平台。模拟一条完整的自动生产线的产品检测及物流控制系统，通过上位机编程完成上位机操作平台的开发，在传送带通过传感器自动判断产品的到位检测，将此信号传送至 PLC，由 PLC 编程实现控制机械手对有缺陷的产品进行抓取、堆放和输送工作，并可在计算机上实现编程和操作。

1.3 本文研究的主要目标和内容

1.3.1 目标

实训教学板块是高职机电专业教育体系中最基础，最具重量的构成要素。学生必须通过系统地、扎实地实验培训和实习磨练，才能扎实掌握技能的基本功，学会专业实用技术，培育改革的科学精神，达到高职教育培养实用型高技能型人才的最终目标。然而，现状是大多数教师遵循传统教学模式，把实训教学附属于理论教学，导致实训教学走出课程的驱动力不足^[1]。本文通过设计一个机电综合实训系统构建了“实训目标的层次模块”和“开放式”学生自助实训模块。本系统将“课堂内外”与“校内外”的实验、实训统筹于实训目标的层次模块中。使实训教学的时间和空间从课内延伸到课外，从学校扩展到企业的工作岗位。

1.3.2 内容

本文的实训系统部分模拟了电镀过程中的部分工艺，构建了基于 PLC 为控制器的镀锌槽温度控制和机械手控制的综合性实训装置体系。温度控制系统采用位式调节的数字显示温度控制来实现电镀槽内温度的自动调节和控制。槽内温度经温度传感器采样后变换为模拟电压信号，经低通滤波滤掉干扰信号后送放大器，

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库